

Transdisziplinarität in der Energieforschung – Das Energie-Forschungszentrum Niedersachsen als Brücke zur Transdisziplinarität?

Beck, Hans-Peter
Springmann, Jens-Peter

Veröffentlicht in:
Jahrbuch 2007 der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.69-80



J. Cramer Verlag, Braunschweig

Transdisziplinarität in der Energieforschung – Das Energie-Forschungszentrum Niedersachsen als Brücke zur Transdisziplinarität?*

HANS-PETER BECK UND JENS-PETER SPRINGMANN

Energie-Forschungszentrum Niedersachsen der Technischen Universität Clausthal
Am Stollen 19, D-38640 Goslar

1. Einleitung

Die fortschreitende Verknappung der Energieressourcen wird die Menschheit zukünftig vor immer größere Herausforderungen stellen, den immer weiter ansteigenden Energiebedarf auch zukünftig nachhaltig zu decken. Diese Herausforderung ist keineswegs trivial und lässt sich im wissenschaftlichen Bereich nicht separieren und durch einzelne Fachdisziplinen allein lösen. Vielmehr bedarf es hierzu einer anderen Organisation der wissenschaftlichen Zusammenarbeit, um durch eine dauerhafte, die einzelnen Disziplinen integrierende sogenannte transdisziplinäre Zusammenarbeit adäquate Lösungen entwickeln zu können. Das Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (EFZN) strebt diesem Ansatz folgend Lösungsbeiträge zur Entwicklung nachhaltiger technisch sinnvoller, ökonomisch tragfähiger und sozial akzeptierbarer Energiesysteme an. Der vorliegende Aufsatz skizziert die wissenschaftstheoretischen Hintergründe und die Notwendigkeit eines Umschwenkens der wissenschaftlichen Arbeitsweise hin zu einer transdisziplinären. Anhand eines konkreten Forschungsprojektes, das im Vorlauf der Errichtung des EFZN an der Technischen Universität Clausthal durchgeführt wurde, wird aufgezeigt, dass sich zahlreiche hochkomplexe Fragestellungen adäquat nur im organisierten und lokal konzentrierten Verbund verschiedener Forschungsdisziplinen lösen lassen.

2. Die Komplexität des Energieproblems und wissenschaftliche Disziplinarität

Die Entwicklungsgeschichte der Menschheit ist untrennbar mit der Bereitstellung, Verfügbarkeit und Nutzung von Energie verbunden. Für die Zukunft

* Kurzfassung des am 07.07.2007 vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen Vortrags.

der Weltgemeinschaft stellt die Energiefrage auf Grund der fortschreitenden Verknappung der Energieressourcen ein zentrales Problem dar. War Energie bislang ein nahezu kostenlos und unerschöpflich zur Verfügung stehendes Gut, so müssen sich gegenwärtige und zukünftige Generationen die nutzbaren Energieträger immer stärker erarbeiten.

Vor dem Problem einer zuverlässigen und zukunftsfähigen Sicherstellung der Energieversorgung stehen nicht nur die sich entwickelnden Länder der Dritten Welt und die Schwellenländer, deren Energieverbrauch in jüngerer Zeit stark zugenommen hat und weiter zunehmen wird. Es gilt gleichermaßen für die hoch entwickelten Industrieländer, deren Energieverbrauch auf hohem Niveau stagniert. Die Zukunft wird ganz wesentlich davon abhängen, wie die Menschheit auf diese Herausforderung reagieren wird.

Experten sind sich weitgehend darüber einig, dass eine globale Energiewende aus zwei Gründen unerlässlich erscheint: um die natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit zu schützen und um die Energiearmut in den Entwicklungsländern zu beseitigen. Die Diskussion über die Klimafolgen unseres heutigen Energiesystems, das weltweit zu knapp 90% auf den fossilen Primärenergieträgern Kohle, Erdöl und Erdgas beruht, hat die Situation verschärft. Eine globale Energiewende, die die Abhängigkeit von den regional konzentrierten Öl- und Gasreserven senken würde, hätte darüber hinaus auch friedensfördernde Wirkungen.

Die aufgezeigte Situation in der Ausgestaltung des zukünftigen Energiesystems sowohl auf globaler wie nationaler und regionaler Ebene stellt damit ein äußerst komplexes Problem dar. Es formuliert neue Anforderungen an die Gesellschaft und letztlich auch an die Wissenschaft.

Der Kern dieses komplexen Problems hat jedoch zahlreiche Aspekte, mit denen sich bereits frühgeschichtliche Gesellschaften befassen mussten: Welche Energie-Rohstoffe sind verfügbar? Welche Umwandlungstechnologien stehen zu deren Nutzbarmachung zur Verfügung? Welche Verwendung finden die Reststoffe der Energieerzeugung? Doch auch wenn diese Fragen über die Zeit nahezu unverändert blieben, so verlangen sie heute nach einer integrativen Beantwortung, die aufgrund des fortschreitenden Komplexitätsgrades moderner Gesellschaften immer schwieriger wird.

So existieren in modernen Gesellschaften zahlreiche Teilsysteme, die im Sinne der Arbeitsteilung bestimmte Funktionen für das sie einbettende gesellschaftliche Gesamtsystem übernehmen. Diese „Funktionale Differenzierung“ ist für moderne Gesellschaften charakteristisch. Jedes gesellschaftliche Teilsystem bildet eigene Strukturen aus und passt sie selbstständig und autonom seiner Umgebung und damit den äußeren Anforderungen an. So stellt auch das

Wissenschaftssystem ein gesellschaftliches Teilsystem dar, das mit weiteren Teilsystemen wie beispielsweise der Politik und der Wirtschaft interagiert.¹

Die „Funktionale Differenzierung“ macht jedoch vor den einzelnen Teilsystemen nicht halt. Vielmehr folgen auch sie dem effizienzerhöhenden Prinzip der gesellschaftlichen Arbeitsteilung, indem sie sich weiter ausdifferenzieren, also intern eine wiederholte Gliederung nach funktionalen Gesichtspunkten vornehmen.

Eine solche Binnendifferenzierung weisen auch die Institutionen und Organisationen des modernen Wissenschaftssystems auf. So ist seit langem eine ständige Auffächerung und Spezialisierung der einzelnen Disziplinen, Fächer und Forschungseinrichtungen zu beobachten, durch die – trotz ihrer zweifelsohne hohen Effizienz zur Lösung anspruchsvoller fachspezifischer Fragestellungen – letztlich die Fähigkeit in größeren, auch fachübergreifenden wissenschaftlichen Zusammenhängen zu denken, deutlich abnimmt. Die Grenzen der klassischen Disziplinen, die vorwiegend institutsbezogen organisiert sind, werden den zunehmend komplexeren Anforderungen und Fragestellungen aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft immer weniger gerecht. Dies gilt auch für die eingangs geschilderte Emissionsproblematik. Die historisch und organisatorisch bedingten Disziplinengrenzen bergen damit die Gefahr, letztlich auch zu Erkenntnisgrenzen zu werden, was bei einer so existenziellen Fragestellung wie der nachhaltigen Energiebereitstellung zur Überlebensfrage der Menschheit werden kann.

3. Transdisziplinarität als Lösungsansatz

Zur Überwindung der durch die fortschreitende Zersplitterung der einzelnen Wissenschaftsdisziplinen entstehenden Erkenntnisgrenzen wird oft die Interdisziplinarität bemüht. Es verbindet sich mit diesem Begriff, der üblicherweise der disziplinären Forschung entgegengesetzt wird, der Gedanke einer Ordnung, die disziplinärer Partikularisierung entgegen wirken soll, um aus den Teilen wieder ein Ganzes werden zu lassen. Zwei Disziplinen und die Brückenfunktion der Interdisziplinarität reichen aber oft nicht aus, die gestellte komplexe Aufgabe auf wissenschaftlicher Grundlage zu lösen. Durch die Schaffung neuer fach- und disziplinenübergreifender Strukturen in der wissenschaftlichen Forschung und so durch die Entwicklung einer sogenannten transdisziplinären Forschungsstrategie (Mittelstraß) wird der Zweipol zum Multipol erweitert.²

¹ Vgl. dazu z.B. PARSONS, T. (1969): „Theoretical Orientations on Modern Societies“, in: Ders.: „Politics and Social Structure“, New York, S. 34-57, und LUHMANN, N. (1982): „Differentiation of Society“, New York.

² Vgl. MITTELSTRASS, J. (2003): Transdisziplinarität – Wissenschaftliche Zukunft und institutionelle Wirklichkeit, Konstanz.

Der immer stärkeren Asymmetrie zwischen disziplinübergreifenden Problemen und der fortschreitenden disziplinären Spezialisierung wird dadurch entgegengewirkt.

Die hohe und weiter zunehmende Komplexität des Energieproblems macht ebenfalls nicht halt vor den Grenzen der Einzeldisziplinen. Vielmehr müssen diese in einer trans- oder multidisziplinären Organisationsform ihre jeweiligen Spezialkompetenzen zusammenführen, um zielführende Lösungsansätze erarbeiten zu können. Es ist somit nicht das Erkenntnisobjekt „Energie“, bzw. ein Teilbereich daraus, was eine Disziplin begründet: es ist die Fragestellung selbst.

Eine neue Disziplin begründet sich somit durch die Art und Weise, wie die wissenschaftliche Forschung mit ihr umgeht. Aus den Teildisziplinen der Ingenieur- und Naturwissenschaft und der Rechts-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaft, wie sie transdisziplinär in das Energie-Forschungszentrum Niedersachsen eingebunden werden, soll so eine neue Disziplin entstehen, mit der das EFZN einen Beitrag zur Wiederherstellung des Ganzen in der Energieforschung leisten wird. Hier werden die verschiedenen Disziplinen räumlich zentriert durch kompetente Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen vertreten sein, die in gemeinsamen Projekten den fachübergreifenden Diskurs sicherstellen.

Eine in diesem Sinn verstandene Interdisziplinarität geht nicht zwischen den Fächern und Disziplinen hin und her (Multidisziplinarität). Vielmehr hebt sie Engführungen in der Wissenschaft auf, wie sie heute einer problemgerechten Forschungsstrategie im Wege stehen. Die so verstandene Interdisziplinarität führt, sofern sie auf Dauer angelegt ist, zu einem Prozess, der die fachlichen und disziplinären Orientierungen der Wissenschaft selbst verändern kann, und damit letztlich zu echter Transdisziplinarität.

Transdisziplinarität stellt damit eine Forschungsmethode und Arbeitsform der Wissenschaft zur Lösung lebensnaher Probleme dar, die sich einer einzelnen wissenschaftlichen Disziplin entziehen. Während wissenschaftliche Zusammenarbeit allgemein die Bereitschaft zur Kooperation und Interdisziplinarität auf Zeit bedeutet, ist mit Transdisziplinarität gemeint, dass die „gelebten Kooperationen“ zu einer gewollt andauernden, die disziplinären Felder verändernden Ordnung führen. So könnte z. B. aus den heutigen Energiewissenschaften, die das Zusammenwirken der geplanten wissenschaftlichen Arbeitsgruppen und Themenfelder zu nutzen wissen, in Zukunft eine Fakultät „Energiewissenschaft“ werden, deren Wissensspektrum und Lösungskompetenz der heutigen Problemlage besser entsprechen würde. Transdisziplinarität ist damit auch ein die Ordnung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes und der wissenschaftlichen Forschung selbst betreffendes Prinzip, das im EFZN verwirklicht und gepflegt werden soll.

Dieses Forschungsprinzip sollte immer dort wirksam werden, wo die fachliche Engführung nicht zur Problemdefinition und -lösung führen kann. Trans-

disziplinarität setzt vielmehr solide disziplinäre Forschung voraus. Sie ruht auf diesen „Pfeilern“ wie eine Brücke, die die Disziplinen miteinander verbindet.

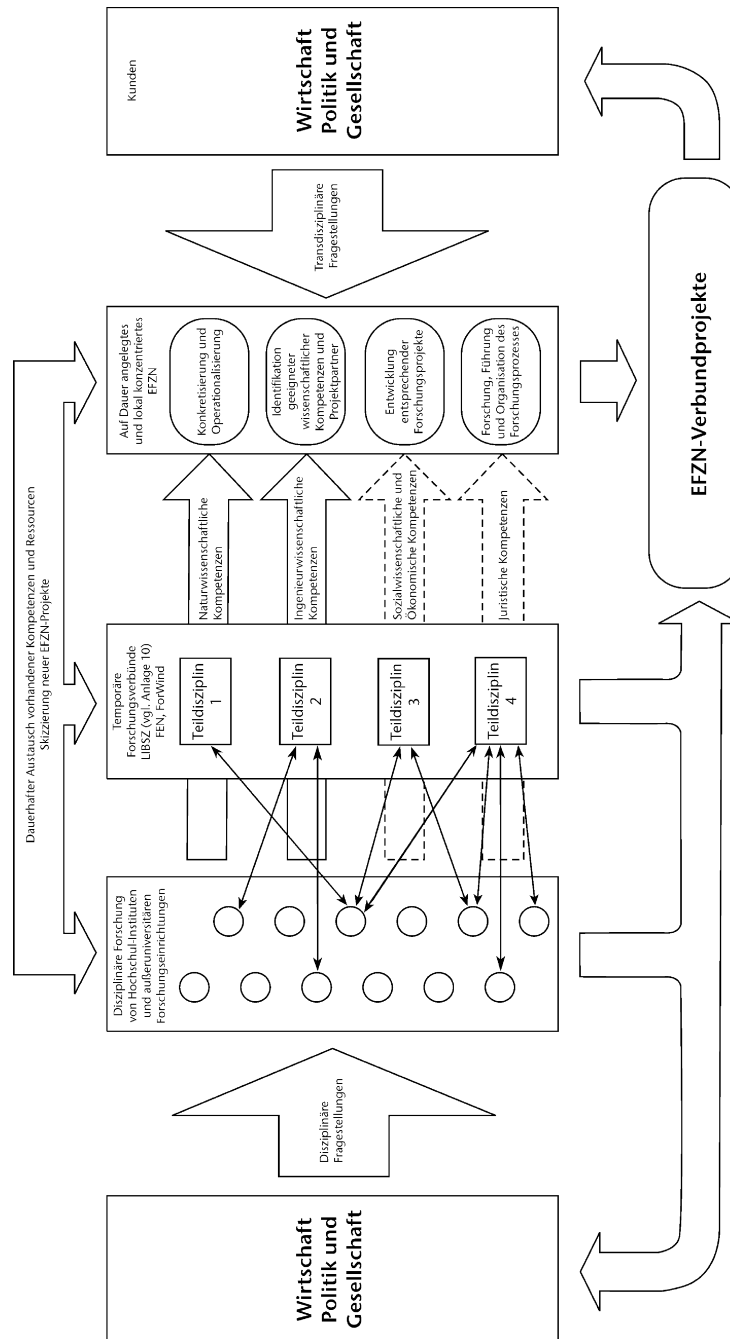
Was hier sehr abstrakt erscheint, hat seine konkreten Formen in der wissenschaftlichen Praxis längst gefunden. In neuen wissenschaftlichen Zentren werden bereits Fragestellungen behandelt, die nicht sinnvoll einem bestimmten Fach oder nur einer Disziplin zuzuordnen sind. Es geht um Strukturen bestimmter Größenordnungen, möglichst in einem Gebäude zusammengefasst, und nicht um disziplinäre Kompetenzen allein. Die disziplinäre Forschung bleibt eine wesentliche Voraussetzung für transdisziplinär definierte Aufgaben und Forschungsanträge, die im EFZN von professionellen Projektentwicklern auf Anregung von wissenschaftlichen Ideengebern zur Einwerbung von Drittmitteln erstellt werden müssen. Zudem soll das EFZN gegenüber potenziellen Auftraggebern aus der Praxis und weiteren Nachfragern von Forschungsergebnissen als System-Ansprechpartner und/oder -Forschungsstelle fungieren.

Gemeinsam mit diesen Partnern entwickelt das EFZN entsprechende Forschungsprojekte, die nach Bewilligung – unter Rückgriff auf die am EFZN und an den disziplinär orientierten (außer-)universitären Instituten vorhandenen Kompetenzen – bearbeitet werden. Die vorhandenen Rückwirkungen und Einflüsse zwischen den Inhalten der Teilprojekte können und werden durch die im EFZN organisierte Transdisziplinarität gebührend berücksichtigt, was der eingangs erwähnten fachlichen Partikularisierung weitgehend entgegen wirkt. Die Abbildung 1 soll diesen Zusammenhang verdeutlichen. Der linke Kreislauf betrifft die interdisziplinäre Arbeitsweise, meist auf Zeit im Rahmen von (disziplinären) Forschungsprojekten; der rechte Kreislauf symbolisiert die transdisziplinäre Arbeitsweise. Typisch ist die Zusammenführung von unterschiedlichen disziplinären Einrichtungen – hier im Feld der Energiewissenschaften – auf Dauer an einem Standort.

4. Grundlaststrom von der Nordsee – Ein Beispiel für praktizierte Transdisziplinarität

Die im vorangegangenen Abschnitt skizzierte transdisziplinäre Arbeitsweise wird, wie bereits dargelegt, zum derzeitigen Zeitpunkt insbesondere in neuen wissenschaftlichen Zentren praktiziert. Auch im Vorfeld der Errichtung des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen wurden bereits erste transdisziplinäre Forschungsvorhaben im Energiebereich bewilligt. Der folgende Abschnitt versucht, den wissenschaftlichen Mehrwert dieses Prinzips am Beispiel der vom Bundesumweltministerium finanzierten und von Forschern der Technischen Universität Clausthal erarbeiteten Machbarkeitsstudie „Netzintegration von Offshore-Großwindanlagen – Grundlast von der Nordsee“ darzustellen.

Abb. 1: Positionierung des EFZN im Prozess der transdisziplinären Forschung.



Zur Realisierung der Klimaschutzschutzziele der Bundesregierung soll der Anteil der erneuerbaren Energien bezogen auf den Primärenergieverbrauch im Jahr 2020 mindestens 10% und im Jahr 2050 mindestens 50% betragen. Aufgrund des bislang realisierten hohen Ausbaustandes an Land wird die Offshore-Windstromerzeugung dabei einen stetig wachsenden Beitrag leisten müssen. Es ist erklärtes politisches Ziel, den Anteil der Windenergie an der Stromerzeugung von derzeit rund 5% auf mindestens 25% zu steigern. Hiervon sollen rund 15% auf die Offshore-Produktion entfallen, was eine Neuinstallation von 20.000 bis 25.000 MW Leistung in der deutschen Nord- und Ostsee bedeuten würde.³

Die Installation dieser Windparks stellt jedoch eine erhebliche technische Herausforderung für den Betrieb der vorhandenen Übertragungsnetze zur stetigen Garantierung der geforderten Netzstabilität und Versorgungssicherheit auch bei diesem erheblichen Zuwachs an fluktuierend einspeisenden Energiequellen dar. Auch wenn aufgrund des höheren Windangebots die durchschnittlichen Volllaststunden in der Nordsee mit einer Größenordnung von bis zu 4.500 Stunden über denen der Onshore-Produktion liegen, stellen auch diese Anlagen in der übrigen Zeit des Jahres keine elektrische Energie zur Verfügung. Das bedeutet zum einen, dass auch die Netzanbindung an Land durch Nichtauslastung hohe volkswirtschaftliche Lagerkosten verursacht; zum anderen müssen gleichzeitig auf dem Festland erhebliche Reserveerzeugungskapazitäten (sogenannte „Schattenkraftwerke“) vorgehalten werden, um in windschwachen Zeiten die niedrigere oder sogar vollständig ausfallende Offshore-Erzeugung ausgleichen zu können. Diese Reservekapazitäten verursachen jedoch zusätzliche Kosten und sind somit in einer Totalanalyse den Gestehungskosten der Windenergieanlagen vollständig zuzurechnen. Zur Reduktion dieser Kosten dürften daher vielfach konventionelle, fossil betriebene Kraftwerke zum Einsatz kommen. Die mittels der Windstromerzeugung eingesparten CO₂-Emissionen könnten hierdurch im pessimistischen Fall deutlich überkompensiert werden.

Um dem Problem stetig fluktuierender Einspeisungen für die Aufrechterhaltung der Netzqualität sowie der Notwendigkeit zur Vorhaltung von Schattenkraftwerken begegnen zu können, haben die Forscherinnen und Forscher der Technischen Universität Clausthal im Rahme der Studie ein Verbundkraftwerkskonzept entwickelt, mit dem die Stromerzeugung auf See verstetigt werden soll. Die Konzeption eines explizit grundlastfähigen Kraftwerks mag dabei nur bedingt als ökonomisch sinnvolle Lösung erscheinen, aus technischer Sicht ist sie allerdings die bei weitem anspruchsvollste Aufgabe.

³ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007): Erneuerbare Energie in Zahlen 2007, http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen.pdf und Ders. (2007): Entwicklung der Offshore-Windenergienutzung in Deutschland, http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/offshore_wind_deployment_de_en.pdf.

Den grundlegenden Ansatz dieses Konzepts stellt die Nutzung unter dem Nordseeboden existierender sogenannter „Schwachgasvorkommen“ zur Stromerzeugung dar. Diese Erdgaslagerstätten zeichnen sich durch einen deutlich höheren Stickstoffanteil aus, weswegen sie aus Kostengründen bislang nicht von der Erdgasindustrie exploriert wurden. Aufgrund der Größe der Lagerstätten würde der Transport stickstoffhaltigen Erdgases die Leitungen volumemäßig zwar durchaus auslasten, allerdings entstehen wegen des geringeren wirtschaftlichen Werts des Stickstofftransports letztlich erheblich Lagerkosten durch die mangelnde Auslastung mit hochkalorigem Erdgas.

Das Clausthaler Anlagenkonzept sieht eine Integration der Offshore-Windstromerzeugung mit der Verstromung des niedrigkalorigen Erdgases auf See vor. Das hierzu notwendige Erdgaskraftwerk übernimmt damit die bereits skizzierte Funktion der Schattenkraftwerke an Land und ermöglicht so direkt am Entstehungsort fluktuierender Einspeisungen gleichmäßige Energielieferungen an Land, d. h. letztlich höhere Auslastungsgrade des Anschlusskabels mit verbundenen geringen Kosten. Mit der Offshore-Verstetigung der Energieproduktion werden gleichzeitig die Belastungen der Übertragungsnetze an Land deutlich reduziert.

Die beschriebene Kopplung der Wind- und Ergas-Stromerzeugung zum Ausgleich der Erzeugungsschwankungen ist jedoch mit erheblichen grundsätzlichen Problemen verbunden, die vor allem in der unterschiedlichen Dynamik beider Anlagenkonzepte liegen. So zeigen erste Ergebnisse der Machbarkeitsstudie, dass eine Multi-Megawatt Windkraftanlage innerhalb von 60 Sekunden seine vollständige elektrische Leistung erreichen bzw. innerhalb dieser Zeitspanne auch vollständig vom Netz gehen kann. Die Ergebnisse basieren dabei auf Messwerten der 45 Kilometer nördlich von Borkum errichteten Forschungsplattform FINO 1, die seit dem Jahr 2004 sekundengenaue Werte über die Windgeschwindigkeit in unterschiedlichen Höhen liefert. Demgegenüber benötigen konventionelle Gasturbinen zum vollständigen Heranfahren bis zu 300 Sekunden, weswegen ein Ausgleich der abfallenden Windstromproduktion im Millisekunden- und Sekundenbereich nicht möglich ist.

Durch den Einsatz unterschiedlich dimensionierter Erdgasturbinen mit entsprechend differenzierten Anfahrzeiten lässt sich das vorgenannte Problem z. T. schon deutlich entschärfen. So lässt sich durch einen entsprechend konfigurierten Gasturbinen-Park die Latenz der gesamten Erdgasanlage um bereits ca. 40-50% reduzieren. Doch auch bei diesem Ansatz gilt es zur Aufrechterhaltung der geforderten Grundlastfähigkeit des Kombikraftwerks ein Zeitfenster von bis zu 180 Sekunden zu überbrücken. Aus diesem Grund sieht das Clausthaler Konzept den zusätzlichen Einsatz von Druckluftspeichern mit entsprechend ausgelegten Druckluftturbinen vor, welche die abfallende Windstromproduktion bereits in Sekundenbereich kompensieren können. Zum Betrieb dieser Anlage werden unter dem Meeresboden entsprechende Kavernen ausgesolt, die eine

Speicherung von Druckluft in den hierfür notwendigen Dimensionen ermöglichen. Die Drucklufteinspeicherung erfolgt dabei in Zeiten eines Überangebots an Windenergie, dem zum entsprechenden Zeitpunkt keine Nachfrage am Land gegenübersteht. Dieser Überschussstrom wird mittels Druckluft gespeichert und kann zu einem späteren Zeitpunkt wieder zurückgewonnen werden. Mittels dieses Prinzips lassen sich u. U. die Nutzungsdauern der Windanlagen deutlich erhöhen, die ansonsten zwangsweise vom Netz getrennt werden müssten.

Die dargestellten Prinzipien für ein grundlastfähiges Offshore-Windkraftwerk münden somit in die Gesamtkonzeption eines Verbundkraftwerks auf See, das sich aus den Teilkomponenten Windanlage, Gasturbinen sowie Druckluft-turbinen und -kavernenspeichern zusammensetzt. Eine schematische Darstellung dieses Anlagenkonzepts gibt die Abbildung 2.

Das Schaubild macht bereits deutlich, dass neben der Entwicklung und Auslegung der einzelnen Anlagenkomponenten insbesondere die technischen Schnittstellen der einzelnen Aggregate sowie die optimale Betriebsführung des Gesamtsystems und damit dessen stetige Regelung eine nicht-triviale Forschungsaufgabe darstellen. Darüber hinaus fordern auch die einzelnen technischen Teilsysteme eine ständige Abstimmung und Bearbeitung durch verschiedene fachliche Disziplinen.

Im konkreten Beispiel erfolgte die Erstellung des vorliegenden Kraftwerkstyps durch einen Verbund von sechs Instituten an der TU Clausthal, die in diesem Projekt die zukünftige Arbeitsweise des EFZN als Koordinationsplattform erprobten. Mit der Bearbeitung der vorliegenden Fragestellungen waren Expertinnen und Experten der Institute Aufbereitung und Deponietechnik, Erdöl-Erdgastechnik, Elektrische Energietechnik, Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik, Maschinenwesen und – für eine ökonomische Gesamtanalyse der resultierenden betriebs- und volkswirtschaftlichen Kosten – des Instituts für Wirtschaftswissenschaft befasst.

Die hohe Komplexität des Vorhabens, aber insbesondere auch die während der einjährigen Projektlaufzeit gemachten Erfahrungen ließen bereits sehen, welchen erheblichen Einfluss die gemeinsame Bearbeitung mit regelmäßigen gemeinsamen Arbeitssitzungen und zahlreichen bilateralen Abstimmungen der Projektpartner unterschiedlicher Disziplinen auf den erfolgreichen Abschluss des Vorhabens hatte. Anhand bisheriger Erfahrungen der Beteiligten in vergleichbaren Vorhaben, die eher den Charakter überregional verteilter Netzwerkaktivitäten hatten, zeigte sich hier die erhebliche Bedeutung einer stets koordinierten und insbesondere lokal konzentrierten Zusammenarbeit der beteiligten Personen.

Genau dieser Ansatz des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen ist es, vergleichbare komplexe technische und damit verbundene rechtliche, ökonomische und ggf. auch sozialwissenschaftliche Fragestellungen durch einen loka-

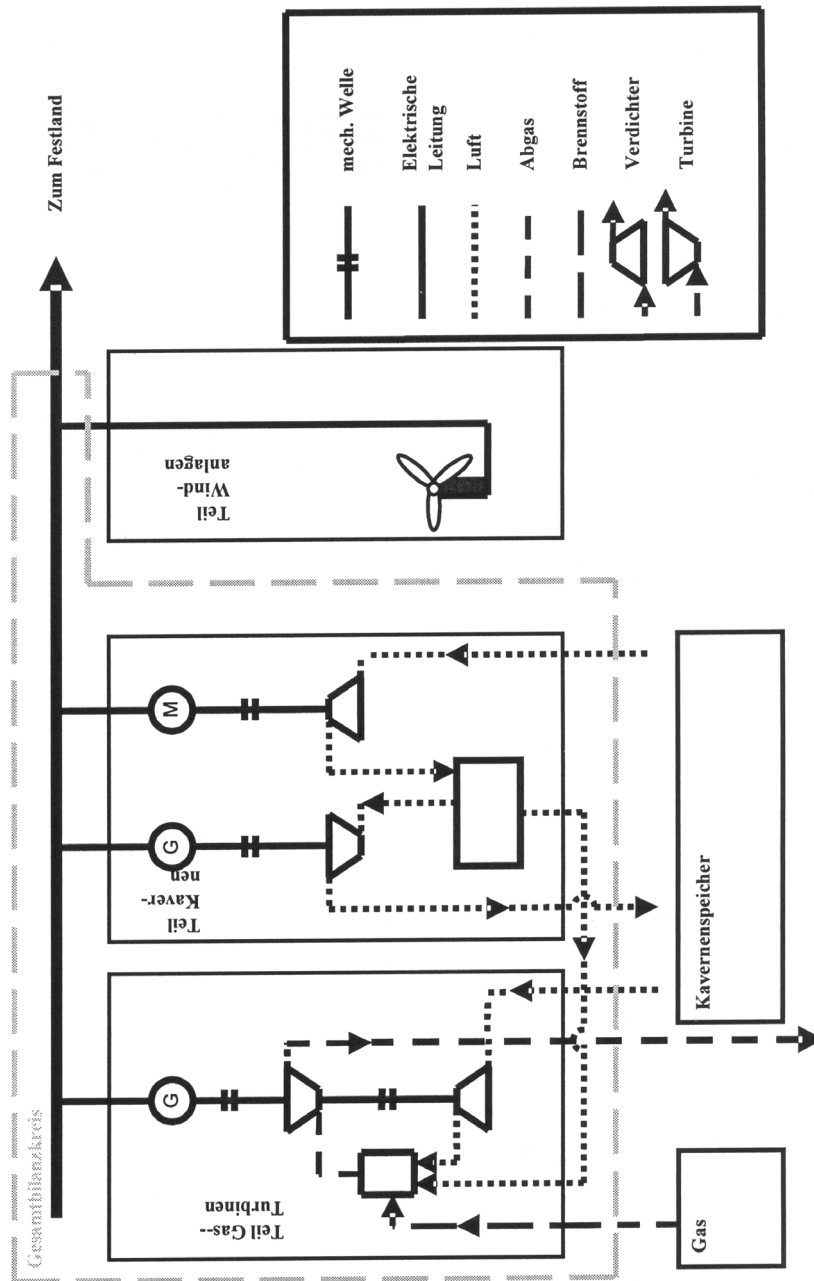


Abb. 2: Schematische Darstellung des Verbundkraftwerks.

len Verbund der hierzu notwendigen Kompetenzen anzugehen und entsprechende systemische Lösungen zu erarbeiten. Hierdurch lassen sich die eingangs aufgezeigten Defizite immer mehr zersplitterter, nebeneinander operierender Wissenschaftsdisziplinen wirksam beheben, um anwendungsnahe wissenschaftliche Ergebnisse generieren zu können.

5. Fazit und Ausblick

Es lässt sich zweifelsohne anerkennend festhalten, dass die spätestens in der zweiten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts immer weiter vorangeschrittene Aufsplitterung des Wissenschaftssystems mit seinen einzelnen Teil- und Spezialdisziplinen der Menschheit insgesamt einen erheblichen Wissensfortschritt auf allen Gebieten beschert hat. Zahlreiche wissenschaftliche Erkenntnisse hätten niemals generiert werden können, wenn sich weltweit Forscherinnen und Forscher nicht einzelner Spezialfragen angenommen und sie immer gründlicher und detaillierter erforscht hätten. Es ist eben genau diese Spezialisierung im Sinne der wissenschaftlichen Arbeitsteilung, durch die fundamentaler Erkenntnisfortschritt in der Vergangenheit überhaupt erst ermöglicht werden konnte.

Doch vor dem Hintergrund immer komplexerer Fragen, die sich dem Wissenschaftssystem als Ganzem (!) stellen, drohen diese sich immer deutlicher herauskristallisierenden Grenzen der einzelnen Wissenschaften letztlich zu Erkenntnisgrenzen der gesamten Wissenschaft zu werden. Um es bildlich darzustellen: Jede Disziplin schürft immer tiefer im Berg nach neuen Erkenntnissen, Forschergruppen teilen sich auf, um selbstständig neue Wege im Berg zu finden und zu erproben. Doch sie übersehen oder vergessen dabei oft genug den notwendigen und höher gelegenen Verbindungsstollen, in dem sie ihre Erkenntnisse austauschen können. So notwendig das Tiefschürfen im Berg auch ist: erst durch den Austausch auf den oberen Ebenen lassen sich die einzelnen Erkenntnisse im Sinn des aristotelischen Prinzips „das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“ zu neuem Wissen zusammenführen.

Übertragen aus das Wissenschaftssystem im allgemeinen bedeutet dies, dass die disziplinäre Forschungstätigkeit und die damit gewonnenen Erkenntnisse das zwingend notwendige Fundament sind, auf dem disziplinübergreifende Fragestellungen im Rahmen von Verbundprojekten überhaupt erst bearbeitet werden können. Die Disziplinen stellen quasi die Pfeiler dar, auf denen die transdisziplinäre Brücke ruht.

Auf dem Gebiet der Energieforschung ist es Anspruch und erklärtes Ziel des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen, die vorhandenen diesbezüglichen Kompetenzen strategisch und dauerhaft an einem Ort zusammenzuführen und weiterzuentwickeln, um so letztlich die komplexen Fragen eines zukunfts-fähigen Energiesystems mittels einer transdisziplinären Energiewissenschaft

bearbeiten zu können. Parallel dazu gilt es jedoch auch in Zukunft, die weitere Ausdifferenzierung und Spezialisierung aller Wissenschaftsbereiche zu fördern, da nur auf diesem Wege neue Spezialkenntnisse generiert werden können, die im Anschluss gegebenenfalls auch für transdisziplinäre Arbeiten von unabsehbarem Nutzen sein könnten.

Transdisziplinarität ist darum keineswegs als konkurrierendes Arbeits- und Organisationsprinzip der Wissenschaft zu verstehen. Es ist vielmehr ein komplementäres Prinzip, das immer dann sinnvoll und sachgerecht zur Anwendung kommen sollte, wenn das disziplinäre Instrumentarium nicht mehr adäquat greifen kann.